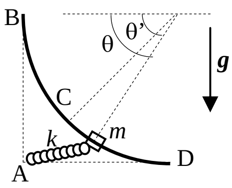
Corso di Laurea Ing E-A – ESAME DI FISICA GENERALE - 23/6/2011

Nome e cognome: …………………………………………………… Matricola: ……………

Istruzioni: ***riportate i risultati, sia letterali che numerici, se richiesti, in questo foglio; allegate "brutte copie" o altri documenti che ritenete utili.***
Le risposte non adeguatamente giustificate non saranno prese in considerazione

--- **PARTE 1**

1. Un manicotto (puntiforme!) di massa m = 50 g può scorrere con **attrito trascurabile** lungo una guida fatta da un tondino fisso e rigido che ha la forma di un quarto di circonferenza di raggio R = 50 cm ed è disposto su un piano verticale. Al manicotto è agganciata l'estremità di una molla di massa trascurabile, costante elastica k = 1.0 N/m e lunghezza di riposo **trascurabile** (L_0 = 0, in pratica!). L'altra estremità della molla è vincolata a un punto fisso, indicato con A in figura, che corrisponde all'intercetta tra la verticale e l'orizzontale dei punti di inizio e fine della guida: dato che questa descrizione risulterà incomprensibile ai più, vi invito a osservare la figura, che si riferisce a una posizione "generica" del tondino, quella in cui l'angolo tra orizzontale e raggio "vettore" vale θ (generico). [Usate g = 9.8 m/s^2 per il modulo dell'accelerazione di gravità; può farvi comodo ricordare che $sin(\pi/4) = cos(\pi/4) = 1/2^{1/2}$, con $2^{1/2} \sim 1.4$]



a) Esprimete la funzione $L(\theta)$ che fornisce la lunghezza della molla per un valore generico dell'angolo θ (che, come già affermato, è quello tra orizzontale e raggio "vettore", vedi figura). [Dovete scrivere una funzione dell'angolo θ (quello indicato in figura) e quindi non utilizzate valori numerici! Notate che si tratta di un semplice problema di geometria…]
$L(\theta)$ = …………………….

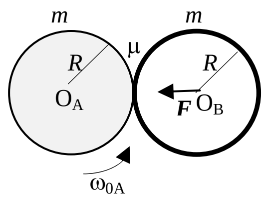
b) Immaginate che il manicotto si trovi inizialmente **fermo** sulla sommità della guida, cioè nel punto indicato come B in figura, e che da qui venga lasciato libero di muoversi con velocità iniziale nulla. Quanto vale la velocità v' con cui passa, se ci passa, per il "punto di mezzo" della guida (punto C in figura, quando il manicotto passa per questo punto l'angolo θ vale θ' = π/4)? [Trascurate ogni forma di attrito]
v' = ……………………. ~ ………. m/s

c) Quanto vale, in modulo, la reazione vincolare N che il tondino esercita sul manicotto nell'istante in cui esso passa per la posizione considerata nella domanda precedente, cioè per il punto di mezzo della guida (punto C di figura, angolo θ' = π/4)? [Attenti: il manicotto "passa" per quella posizione, dunque non è fermo…]
N = ……………………. ~ ………. N

d) E quanto vale la velocità v'' con cui il manicotto arriva alla fine della guida (punto D di figura), se ci arriva?
v'' = ……………………. ~ ………. m/s

--- **PARTE 2**

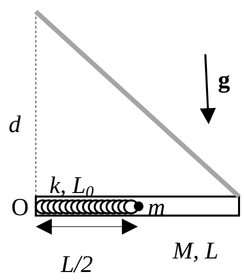
2. All'interno di un macchinario si trovano due "ruote", denominate A e B, entrambi di raggio R = 30 cm, che possono ruotare con **attrito trascurabile** attorno a dei perni passanti per i propri assi geometrici, O_A e O_B. Le due ruote hanno anche identica massa m = 1.0 kg, però la ruota A è piena e omogenea, mentre la ruota B assomiglia a un "cerchione di bicicletta", cioè tutta la sua massa è praticamente distribuita in modo omogeneo sulla circonferenza. Le superfici laterali delle due ruote sono scabre e hanno un coefficiente di attrito μ = 0.50: notate che tale coefficiente di attrito vale sia nel caso di attrito dinamico che di attrito statico. Inizialmente le due ruote non sono a contatto tra di loro, la A ruota con velocità angolare ω_{0A} = 50 rad/s (è stata messa in rotazione in precedenza da una qualche causa esterna!) e la ruota B è ferma. Quindi le due ruote vengono poste a contatto l'una con l'altra nella situazione rappresentata in figura, dalla quale si vede che il contatto avviene sulla superficie laterale. A questo scopo, una forza di modulo F = 20 N è applicata al perno O_B, il quale è mobile nella direzione della congiungente fra i due perni (il perno O_A è invece fisso e rigido). Si osserva che, trascorso un certo intervallo di tempo Δt, le due ruote si muovono con velocità angolare dello stesso modulo ω. [Le ruote ruotano su un piano orizzontale e la forza peso non c'entra nulla!]



a) Discutete per benino, in brutta, che tipo di moto hanno le due ruote quando vengono messe a contatto e determinate l'intervallo di tempo Δt di cui sopra e il modulo della velocità angolare comune ω che viene raggiunta dalle due ruote.
Discussione : ………………………..
Δt = ……………………….. = ……….. s
ω = ……………………….. = ……….. rad/s

b) Quanto vale il lavoro L_{ATT} fatto dalla forza di attrito che si esercita al contatto tra le due ruote durante il processo di cui sopra? [Il "processo" comincia nel momento in cui le due ruote entrano in contatto! Trascurate quello che avviene prima, cioè l'avvicinamento dei due perni]
L_{ATT} = …………………………………~ ……… J

3. Un sottile pezzo di tubo, di massa M = 1.0 kg e lunghezza L = 50 cm, è imperniato a un suo estremo (O in figura) in modo da poter ruotare con **attrito trascurabile** su un piano verticale. All'interno del tubo, che è cavo, si trova un oggetto puntiforme, di massa $m = M/2$ = 0.50 kg, che può muoversi con attrito trascurabile all'interno del tubo. L'oggetto è agganciato a una molla di massa trascurabile, costante elastica k = 2.0x10^4 N/m e lunghezza di riposo $L_0 = L/2$: questa molla è quindi tenuta in posizione **compressa** da un qualche gancetto solidale al tubo. All'estremità del tubo, ovviamente quella opposta rispetto al perno, è attaccata una fune inestensibile di massa trascurabile, il cui altro capo è attaccato a un chiodo posto sulla verticale di O, a una distanza $d = L$ = 50 cm da questo. Inizialmente il sistema è in **equilibrio** nella configurazione rappresentata in figura: il tubo ha il suo asse in direzione orizzontale e l'oggetto puntiforme si trova a metà lunghezza del tubo. [Usate g = 9.8 m/s^2 per il modulo dell'accelerazione di gravità; può farvi comodo ricordare che $2^{1/2} \sim 1.4$]



a) Quanto valgono, **in modulo**, la tensione T della fune e la forza F_O che il perno esercita sull'asta in queste condizioni di equilibrio?
T = ………………………………… ~ .... N
F_O = ………………………………… ~ .... N

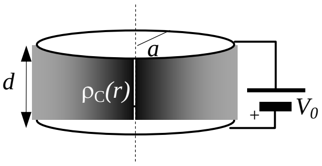
b) A un dato istante la fune viene tagliata e il tubo con l'oggetto e la molla al suo interno risulta libero di ruotare con velocità angolare iniziale nulla. Quanto vale la velocità angolare ω_0 del tubo quando il suo asse si trova ad avere una direzione verticale? [In questo processo l'oggetto **non si muove** rispetto al tubo; assumete per il tubo il momento di inerzia di una sottile asta omogenea di pari massa e lunghezza]
ω_0 = ………………………………… ~ .... rad/s

c) Supponete ora che nel preciso istante in cui l'asse del tubo passa per la direzione verticale il gancetto che teneva compressa la molla venga rimosso: di conseguenza la molla si allunga (istantaneamente, notate che la molla è "molto rigida") fino alla propria lunghezza di riposo e l'oggetto viene "sparato via" fuori dal tubo. Discutete per benino, in brutta, quali grandezze dinamiche (energia, quantità di moto,

momento angolare) si conservano nel processo di sparo, cioè se variano o no tra subito prima e subito dopo lo sparo stesso, e spiegate perché. Determinate inoltre la velocità angolare ω' del tubo **subito dopo** lo sparo.
Discussione : ………………………..
ω' = …………………………………… ~ .... rad/s

PARTE 3

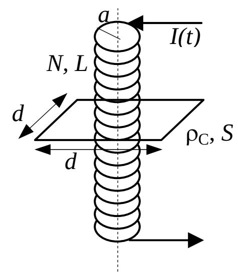
4. Un componente elettronico è costituito da due piastre (sottili) fatte di materiale perfettamente conduttore e con forma circolare di raggio a = 10 cm. Tali piastre sono disposte una affacciata all'altra (parallelamente fra loro) a distanza relativa d = 1.0 mm; le dimensioni suggeriscono che è possibile "trascurare gli effetti ai bordi" (simmetria **piana per il campo elettrico**). Nello spazio tra le due piastre si trova del materiale debolmente conduttore, dotato di una resistività ρ_C che **non è uniforme**, ma dipende dalla distanza r dall'asse geometrico del sistema (tratteggiato in figura) attraverso la funzione $\rho_C(r) = \rho_{C0}\, a/r$, con $\rho_{C0} = 1.0\text{x}10^4$ ohm m. In sostanza, quindi, la resistività è massima sull'asse geometrico del sistema e diminuisce muovendosi verso la periferia. Le due piastre sono collegate a un generatore di differenza di potenziale ideale V_0 = 10 V, come rappresentato schematicamente in figura e si suppone che il sistema abbia raggiunto condizioni stazionarie. Inoltre si può supporre che in queste condizioni ci sia della carica elettrica distribuita in modo omogeneo sulla superficie delle piastre e che il campo elettrico fuori dal sistema considerato sia nullo.



Disegno non in scala!!!

a) Discutete per benino, in brutta, come è fatto (da cosa dipende, chi lo genera, etc.) il campo elettrico nello spazio tra le piastre e determinate l'intensità di corrente I che scorre tra le piastre stesse. [Fate attenzione a considerare in modo opportuno la dipendenza dalla posizione delle varie grandezze coinvolte; può farvi comodo ricordare che l'elemento di superficie per un sistema a simmetria "circolare" (una simmetria cilindrica tagliata da un piano ortogonale all'asse) si ottiene, per l'appunto, tagliando l'elemento di volume della simmetria cilindrica con un piano ortogonale all'asse]
Discussione: ……………………………
I = …………………………………… = ... A
b) Quanto vale l'intensità del campo magnetico B_{OUT} in un punto collocato a distanza $r_{OUT} = 2a$ dall'asse geometrico del sistema (quindi fuori dal sistema)? Quanto l'intensità B_{IN} in un punto collocato a distanza $r_{IN} = a/2$ dall'asse (quindi "all'interno" del sistema)? [Usate $\mu_0 = 4\pi\text{x}10^{-7}$ T m/A per la suscettività magnetica del vuoto e supponete ancora una volta "trascurabili gli effetti ai bordi", che qui significa che vi **dovete comportare come se la "lunghezza" *d* del sistema fosse estremamente grande**…]
B_{OUT} = …………………………………… = ... T
B_{IN} = …………………………………… = ... T

5. Un solenoide di lunghezza L = 1.0 m e raggio a = 5.0 cm è realizzato avvolgendo N = 1000 spire di filo elettrico (il solenoide è evidentemente molto più lungo che largo, e quindi potete considerarlo come "ideale"). Esso è collegato a un generatore di corrente variabile nel tempo. In pratica questo generatore è un dispositivo che fa circolare nel solenoide una corrente di intensità $I(t)$: esso è spento per $t<0$, viene acceso in t = 0 e si osserva che la corrente prodotta aumenta **linearmente** fino al valore $I_{MAX} = 1.0\text{x}10^3$ A nell'intervallo di tempo $0<t<\tau$, con τ = 2.0 s, e quindi rimane costante al valore I_{MAX} per $t>\tau$. Attorno al solenoide è costruita una spira quadrata di lato d = 20 cm fatta con un filo elettrico di sezione di area $S = 0.50$ mm^2 e resistività (omogenea) $\rho_C = 1.0\text{x}10^2$ ohm m. Come si vede in figura, la spira ha il suo centro geometrico in corrispondenza dell'asse del solenoide (tratteggiato in figura) e giace su un piano ortogonale all'asse e che lo intercetta più o meno a metà della lunghezza del solenoide. [Considerate la spira e il solenoide rigidi e fissi nello spazio: gli effetti "meccanici" non sono quindi rilevanti in questo esercizio. Usate $\mu_0 = 4\pi\text{x}10^{-7}$ T m/A per la suscettività magnetica del vuoto]



Disegno assolutamente non in scala!!!

a) Come si esprime, in funzione del tempo t, l'intensità di corrente elettrica $I_S(t)$ che è **indotta nella spira**? [Dovete scrivere una funzione di t: non usate valori numerici ma fate riferimento ai parametri letterali indicati nel testo; potete supporre che la variazione di corrente nel solenoide avvenga così lentamente che il campo magnetico nel solenoide abbia l'espressione "consueta"]
$I_S(t)$ = ……………………………………
b) Quanto vale **l'energia** E_J "dissipata" per effetto Joule dalla spira nell'intervallo di tempo compreso tra $t=0$ e $t = \Delta t = 4.0$ s? [Attenti: si chiede un'energia, ma voi sapete esprimere la potenza, $P_J = RI^2$…; non vi stupite se vi viene un valore numericamente molto piccolino]
E_J = …………………………………… = ... J

TERMODINAMICA

6. Una quantità n (incognita) di gas perfetto **biatomico** compie un ciclo termico **reversibile** composto dalla seguente successione di trasformazioni: isocora A→B, espansione isoterma B→C, compressione isobara C→A. Si sa che: $P_B = 2P_A$ e $V_C = 2V_B = 2V_A$. I soli dati noti del problema sono: $P_A = 1.00\text{x}10^5$ Pa e $V_A = 1.66\text{x}10^{-5}$ m^3. [La costante dei gas perfetti vale R = 8.31 J/(K mole); può fare comodo sapere che $ln(2)$ ~ 0.693]
a) Quanto vale l'efficienza, o rendimento, η del ciclo?
η = ……………………………… ~ ……..
b) Sapendo anche che $n = 1.00\text{x}10^{-2}$ moli, quanto valgono la temperatura minima T_{LOW} e la temperatura massima T_{HIGH} raggiunte dal gas durante il ciclo? E quanto varrebbe l'efficienza η_C di una macchina di Carnot che lavorasse fra queste due temperature?
T_{LOW} = …………………………………… = ……… K
T_{HIGH} = …………………………………… = ……… K
η_C = …………………………………… = ...

Nota: acconsento che l'esito della prova venga pubblicato sul sito web del docente, http://www.df.unipi.it/~fuso/dida, impiegando come nominativo le ultime quattro cifre del numero di matricola, oppure il codice: | | | | | (4 caratteri alfanumerici).
Pisa, 23/6/2011 Firma: